

Implementasi Algoritma Ekstraksi *Centerline* Berbasis Kurva Principal: Studi Kasus Segmen Pembuluh Darah Retina

Friska Ajeng Rizki, Ahmad Saikhu, dan Rully Soelaiman

Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: friska.ajeng11@mhs.if.its.ac.id, saikhu@cs.its.ac.id, rully@is.its.ac.id

Abstrak— Dewasa ini, terdapat banyak jenis penyakit yang disebabkan oleh kerusakan pada pembuluh darah retina, seperti glaukoma, retinopati diabetik, dan age-related macular degeneration (AMD). Jenis penyakit tersebut juga merupakan penyebab utama dari kebutaan di negara Amerika. Diperkirakan sebelumnya oleh WHO sekitar 2.2 juta penderita glaukoma, 1.8 juta penderita AMD, dan 4.1 juta penderita retinopati diabetik penderita berasal dari orang dewasa berusia di atas 40 tahun. Melihat banyaknya jenis penyakit dari kerusakan pembuluh darah retina tersebut, dibutuhkan diagnosa untuk dapat mendeteksi penyakit tersebut. Untuk mempermudah proses diagnosis tersebut, dilakukan ekstraksi segmen ke dalam bentuk *centerline* pada citra pembuluh darah retina.

Pada Tugas Akhir ini, akan diterapkan algoritma ekstraksi *centerline* berbasis kurva *principal*. Terdapat tiga tahapan utama dari Tugas Akhir ini, yakni deteksi retina mata, praproses dan segmentasi biner, serta ekstraksi *centerline* pada citra pembuluh darah retina. Dari data uji coba ekstraksi *centerline*, akan menghasilkan rata-rata akurasi hingga 97,08%. Berdasarkan hasil uji coba, deteksi retina mata, praproses dan segmentasi biner, serta ekstraksi *centerline* dapat dijadikan salah satu alternatif algoritma yang dapat digunakan untuk melakukan ekstraksi *centerline* berbasis kurva *principal*.

Kata Kunci—Deteksi Garis Tepi, Ekstraksi *Centerline*, Pembuluh Darah Retina, Segmentasi.

I. PENDAHULUAN

PENYAKIT glaukoma, retinopati diabetik, dan age-related macular degeneration (AMD) merupakan jenis penyakit yang menjadi penyebab utama dari kebutaan di negara Amerika. Diperkirakan sebelumnya oleh WHO sekitar 2.2 juta penderita glaukoma, 1.8 juta penderita AMD, dan 4.1 juta penderita retinopati diabetik penderita berasal dari orang dewasa berusia di atas 40 tahun [1]. Penyakit tersebut secara umum disebabkan oleh kerusakan pada pembuluh darah retina. Melihat banyaknya jenis penyakit dari kerusakan pembuluh darah retina tersebut, dibutuhkan diagnosa untuk dapat mendeteksi penyakit tersebut.

Terdapat beberapa parameter yang dapat digunakan untuk melakukan diagnosis dari penyakit tersebut. Diantaranya adalah perbedaan diameter, panjang, tortuosity, refleksitas, bifurkasi cabang, serta sudut (*angle*) dari pembuluh darah retina [2]. Untuk mempermudah proses diagnosis terhadap pembuluh darah retina tersebut, dilakukan ekstraksi segmen ke

dalam bentuk *centerline* berbasis pada kurva *principal*.

Pada Tugas Akhir ini, dilakukan implementasi ekstraksi *centerline* terhadap pembuluh darah retina dengan memroses segmentasi biner terhadap citra pembuluh darah retina terlebih dahulu. Segmentasi biner diawali dengan melakukan rangkaian praproses, yakni menggunakan metode *Frangi's vesselness filter*, *mean filter*, dan *masking*. Setelah itu, dilanjutkan dengan penghapusan cabang palsu (*spurs*) menggunakan *Bradley thresholding* serta melakukan dilasi dan erosi citra dengan morfologi *opening area* dan *close*.

Adapun hasil yang diharapkan adalah tingginya tingkat akurasi ekstraksi *centerline* dengan basis kurva *principal*, sehingga metode ini dapat digunakan sebagai metode alternatif untuk kasus ekstraksi dari pembuluh darah retina.

II. DATA DAN METODE EKSTRAKSI CENTERLINE

A. Dataset Citra Retina

Citra retina diambil dari basis data DRIVE (*Digital Retina Image for Vessel Extraction*). Basis data ini diperoleh dari program *screening* diabetes retinopati di Belanda. Populasi dari *screening* ini terdiri dari 400 subjek dengan rentang usia mulai 25 hingga 90 tahun, kemudian dilakukan pengambilan data secara acak sebanyak 40 citra. Citra DRIVE terdiri atas 33 citra yang tidak menunjukkan tanda-tanda diabetes retinopati dan tujuh yang menunjukkan tanda-tanda diabetes retinopati awal ringan [3].

B. Tahap Praproses dan Segmentasi Biner

Pada tahapan praproses, dilakukan deteksi dengan menggunakan *Frangi's vesselness filter* yang merupakan metode pengembangan oleh Frangi dkk. Kemudian dilanjutkan dengan proses *mean filter* dan proses *masking* untuk melakukan peningkatan terhadap citra. Sedangkan pada tahapan segmentasi biner, terdapat tiga subproses di dalamnya yakni *Bradley thresholding*, morfologi *opening area*, dan morfologi *close*.

1) Frangi Filter

Frangi Filter merupakan filter yang dapat digunakan untuk perbaikan kualitas citra. Metode ini digunakan dengan tujuan untuk menghasilkan citra keabuan yang dapat memperjelas percabangan dari citra pembuluh darah retina. Pengukuran

terhadap citra pembuluh dapat dilakukan dengan melakukan sorting $\lambda_1 > \lambda_2$ dan postulating $\lambda_1 = \lambda_2 < 0$.

$$v(\sigma) = \begin{cases} 0 & \text{if } \lambda_1 > 0 \\ \exp\left(-\frac{R_B^2}{2\sigma^2}\right) (1 - \exp\left(-\frac{S^2}{2c^2}\right)) & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

Berdasarkan persamaan di atas, *Frangi filter* memiliki beberapa parameter. σ merupakan standar deviasi pada skala spasial, serta β dan c masing-masing merupakan nilai konstanta koreksi. Untuk dapat menghasilkan citra dengan kualitas yang baik, pada β diberikan nilai sebesar 0.5 dan c diberikan nilai sebesar 15. Selain itu, juga terdapat $R_B = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$, dan $S = \|H\|F = \sqrt{\lambda_1^2 + \lambda_2^2}$.

2) Mean Filter

Mean filter merupakan *filter* spasial geser-jendela (*sliding-window*) yang menggantikan nilai tengah dari jendela dengan rata-rata dari semua nilai piksel dari jendela dengan ukuran $N \times N$. Ukuran N pada jendela dapat disesuaikan tergantung pada kebutuhan. *Mean filter* digunakan dengan tujuan untuk mereduksi jumlah intensitas variasi antara satu piksel dengan piksel lainnya [4]. Secara umum, persamaan dari *mean filter* dapat dilihat pada Persamaan 2.

$$h[i, j] = \frac{1}{M} \sum_{(k, l) \in N} f[k, l] \quad (2)$$

dimana M merupakan total jumlah piksel atau hasil perkalian dari jendela N .

3) Masking

Masking merupakan metode yang digunakan untuk memisahkan antara objek citra dengan *background* dari citra. Dengan kata lain, *masking* memiliki tujuan untuk menghilangkan tepian dari objek citra. Pada proses *masking*, dilakukan pembuatan *mask* dari citra pembuluh darah retina dengan melakukan pemberian nilai piksel sebesar nol pada bagian *background* dan satu pada bagian objek atau *foreground* citra. Setelah itu, dilakukan *overlay* dengan pengambilan citra *foreground* dari citra pembuluh darah retina yang hendak dilakukan proses *masking*, kemudian dipadukan pada citra *mask*.

4) Bradley Thresholding

Bradley local image thresholding merupakan salah satu metode *adaptive thresholding*. Metode ini melakukan pengaturan piksel untuk setiap citra ke dalam warna hitam jika tingkat kecerahan dari citra bernilai T persen lebih rendah dari rata-rata kecerahan piksel sekitarnya pada jendela berukuran $M \times N$. Dan jika tingkat kecerahannya melebihi dari rata-rata, maka akan diatur sebagai warna putih [5].

5) Morfologi Opening Area dan Morfologi Close

Morfologi citra merupakan suatu operasi pemrosesan citra yang mengolah citra berdasarkan bentuknya. Pada morfologi *opening area*, dilakukan reduksi citra pada *foreground* yang memiliki ketebalan piksel yang lebih kecil dari piksel *threshold* yang diberikan. Sedangkan pada morfologi *close*, memiliki proses yang berlawanan dengan morfologi *opening area*, yakni melakukan proses dilasi yang diikuti oleh erosi.

C. Tahap Ekstraksi Centerline

Pada tahapan ini, terdapat empat subproses utama di dalamnya, yakni *distance map*, *non maxima suppression*, *classic ridge transversal*, dan *caliber estimation*.

1) Distance Map

Distance map atau pemetaan jarak merupakan teknik untuk menghitung jarak pada masing-masing piksel dari objek terdekat sekitarnya. Terdapat dua metode *distance map* yang akan dibahas pada aplikasi ini, yakni *distance map "mine"* dan *"dist"*. *Distance map "mine"* menggunakan algoritma *Canny edge detection* yang diikuti dengan perhitungan *distance* menggunakan jarak garis singgung lingkaran. Sedangkan *distance map "dist"* menggunakan metode *Euclidean distance transform*.

2) Non Maxima Suppression dan Classic Ridge Transversal

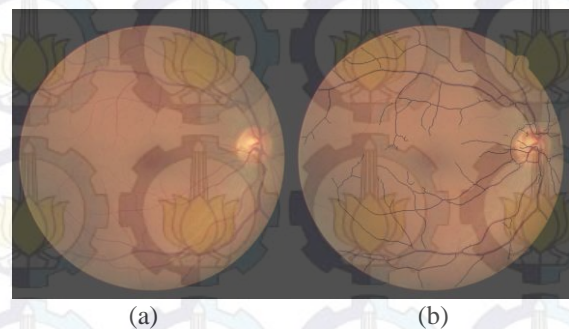
Pada subproses ini dilakukan deteksi garis tepi pada citra dengan menghitung nilai *local maxima* menggunakan metode *non maxima suppression*. Dengan kata lain, dilakukan pemindaian terhadap citra pada sepanjang arah gradien dari citra tersebut, dan jika piksel tersebut bukan merupakan bagian dari *local maxima* maka akan diatur menjadi nol. Sedangkan pada *classic ridge transversal* digunakan untuk menghubungkan nilai *local maxima* yang telah didapatkan dari proses *non maxima suppression*.

3) Caliber Estimation

Laplacian of Gaussian merupakan metode yang digunakan untuk mengestimasi kalibrasi. Secara garis besar, cara kerja *filter LoG* diawali dengan penghalusan citra dengan menggunakan *filter Gaussian*, yang kemudian dilanjutkan dengan pendeteksian garis tepi dengan menggunakan *Laplacian*.

$$LoG(x, y) = -\frac{1}{\pi\sigma^4} \left[1 - \frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2} \right] e^{-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}} \quad (3)$$

dimana σ merupakan nilai standar deviasi dari *Gaussian* [6]. Adapun hasil dari citra yang telah dilakukan proses *caliber estimation* yakni seperti pada Gambar 2.



Gambar 1. Citra pembuluh darah retina: (a) citra masukan aplikasi, (b) citra hasil ekstraksi *centerline*

III. UJI COBA DAN HASIL ANALISA

A. Lingkungan Uji Coba

Uji coba dilakukan dengan menggunakan Matlab 2013a. Uji coba menggunakan citra dari basis data DRIVE dengan ukuran 565 x 584 piksel. Secara umum, uji coba dilakukan dengan mengatur nilai skala sebesar [1 10], nilai rasio skala sebesar dua, nilai β sebesar 0.5, dan c sebesar 15 pada *Frangi filter*. Kemudian, dilanjutkan dengan pengukuran nilai jendela pada *mean filter* sebesar 3 x 3 dan *Bradley thresholding* sebesar 5 x 5. Selanjutnya, dilakukan pengaturan nilai piksel pada morfologi *opening area* sebesar 21 dan morfologi *close* sebesar dua dengan *structuring element 'square'* berdimensi 2 x 2. Sedangkan pada ekstraksi *centerline*, terdapat dua metode yang digunakan untuk uji coba, yakni menggunakan *distance map "dist"* dengan metode *Euclidean distance transform* dan *distance map "mine"* dengan metode *Canny edge detection* yang dilanjutkan dengan perhitungan jarak menggunakan garis singgung lingkaran.

B. Hasil Uji Coba

Pada uji coba pertama, yakni uji coba batas ambang metode *Bradley thresholding*, diawali dengan melakukan rangkaian praproses yang terdiri atas metode *Frangi filter*, *mean filter*, dan *masking*. Setelah itu, dilanjutkan dengan metode *Bradley thresholding*, dengan menggunakan nilai *threshold T* sebesar 25, 50, dan 100. Uji coba dilakukan terhadap empat buah citra dari basis data DRIVE yang dipilih secara acak.

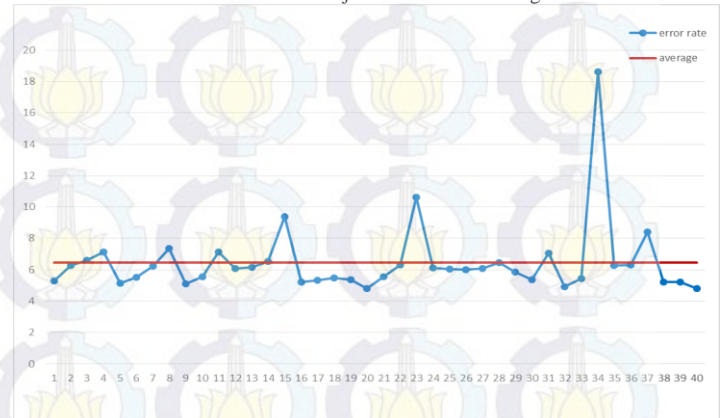
Uji coba kedua dilakukan dengan membandingkan hasil empat metode morfologi untuk mendapatkan citra hasil segmentasi terbaik. Uji coba diawali oleh metode praproses dan menggunakan *Bradley thresholding* dengan nilai *threshold* yang didapatkan dari hasil uji coba pertama. Adapun empat metode yang digunakan dalam uji coba ini, yakni morfologi *opening area*, morfologi *close*, morfologi *opening area* dengan morfologi *close*, dan morfologi *close* dengan morfologi *opening area*. Uji coba dilakukan dengan menggunakan enam buah citra yang dipilih secara acak.

Uji coba ketiga dilakukan dengan mengimplementasikan metode praproses dan segmentasi biner yang didasarkan oleh hasil uji coba kedua. Uji coba juga akan menghasilkan nilai rata-rata akurasi dari hasil proses segmentasi dari citra pembuluh darah retina. Uji coba dilakukan dengan menggunakan 40 buah citra dari basis data DRIVE.

Uji coba keempat dilakukan dengan mengimplementasikan metode ekstraksi *centerline*. Uji coba ini juga membandingkan nilai rata-rata akurasi hasil ekstraksi *centerline* yang dihasilkan dari metode *distance map "dist"* dan *"mine"*. Uji coba dilakukan dengan menggunakan 40 buah citra pembuluh darah retina.

Sedangkan pada uji coba kelima, dilakukan dengan mengimplementasikan metode praproses, segmentasi biner, dan ekstraksi *centerline* terhadap enam buah citra yang dipilih secara acak. Implementasi uji coba ini dilakukan dan didasarkan oleh hasil uji coba sebelumnya.

Gambar 2. Hasil Uji Coba Skenario Ketiga



Tabel 1. Hasil Uji Coba Skenario Kedua

Citra Retina (*.tif)	Nilai Akurasi (%)			
	Morfologi Opening Area	Morfologi Close	Morfologi Opening Area dengan Close	Morfologi Close dengan Opening Area
03_test	89.734	87.832	89.903	89.565
10_test	91.259	89.323	91.360	91.157
14_test	90.137	88.234	90.265	90.009
18_test	90.885	89.284	91.047	90.724
21_training	91.446	90.145	91.557	91.335
40_training	91.537	89.576	91.649	91.425
Rata-Rata	90.833	89.065	90.963	90.702

Tabel 2. Hasil Uji Coba Skenario Kelima

Citra Retina (*.tif)	Proses (detik)				
	Deteksi	Pra-proses	Segmentasi Biner	Ekstraksi Centerline	Total
03_test	2.02	32.851	0.97	296.038	331.879
10_test	1.809	31.379	2.492	302.484	338.164
15_test	1.798	43.361	3.056	424.483	472.698
26_training	3.524	36.166	1.484	302.326	343.5
29_training	1.727	32.155	2.27	336.571	372.723
40_training	1.347	29.422	3.144	308.855	342.768
Rata-Rata	2.037	34.222	2.236	328.459	366.955

Hasil dari uji coba dapat dilihat pada Gambar 2 untuk uji coba skenario ketiga. Selain itu, juga terdapat Tabel 1 untuk hasil uji coba skenario kedua, dan Tabel 2 untuk hasil uji coba skenario kelima. Adapun hasil analisa dari setiap skenario yakni sebagai berikut.

Hasil skenario pertama didapatkan rata-rata akurasi kebenaran dari setiap nilai *threshold*. Pada *threshold* dengan nilai 25, memiliki nilai akurasi kebenaran lebih besar jika dibandingkan dengan nilai *threshold* lainnya, yakni sebesar 90.032%. Sedangkan pada *threshold* 50 dan 100 masing-masing memiliki nilai rata-rata akurasi sebesar 88.535% dan 87.325%. Dengan kata lain, hasil akurasi terbaik dihasilkan oleh *threshold T* dengan nilai 25.

Tabel 1 menunjukkan nilai rata-rata akurasi kebenaran dari setiap metode morfologi. Pada morfologi *opening area* dengan *close*, memiliki nilai akurasi kebenaran lebih besar jika dibandingkan dengan metode morfologi lainnya, yakni sebesar 90.963%. Dengan kata lain, hasil akurasi terbaik dihasilkan oleh metode morfologi *opening area* dengan *close*.

Gambar 2 menunjukkan nilai rata-rata error dari 40 citra ground truth adalah 6.46%. Atau akurasi kebenaran segmentasi adalah sebesar 93.54%. Metode segmentasi biner citra retina ini dianggap dapat bekerja dengan cukup baik dikarenakan nilai akurasi uji kebenaran yang dihasilkan relatif tinggi.

Hasil skenario keempat didapatkan nilai rata-rata akurasi kebenaran dari setiap metode distance map. Pada *distance map* “*dist*” memiliki nilai akurasi kebenaran lebih besar jika dibandingkan dengan hasil akurasi *distance map* “*mine*”, yakni masing-masing memiliki nilai 97.081% dan 97.080%. Dengan kata lain, hasil akurasi terbaik dihasilkan oleh metode *distance map* “*dist*”.

Sedangkan pada Tabel 2, dapat dilihat bahwa nilai rata-rata total waktu pengujian dari aplikasi adalah sebesar 366.955 detik. Atau, dengan kata lain nilai waktu ini setara dengan 6.116 menit.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil uji coba yang telah dilakukan terhadap pembuatan program segmentasi dan ekstraksi centerline berbasis kurva principal dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Metode praproses dan segmentasi yang digunakan memiliki alur proses yang benar. Terbukti dengan akurasi sebesar 93.54%.
- 2) *Distance map* “*dist*” dapat menghasilkan ekstraksi *centerline* terbaik, yakni menggunakan fungsi Euclidean Distance Transform.
- 3) Metode ekstraksi *centerline* berbasis kurva *principal* dapat diimplementasikan dengan baik. Terbukti dengan akurasi sebesar 97.08%.
- 4) Waktu pengujian rata-rata dari proses segmentasi biner dan ekstraksi *centerline* pada aplikasi adalah 6.116 menit.

Pengembangan yang dapat dilakukan adalah memperbaiki sistem hingga dapat menghasilkan akurasi yang baik dengan waktu yang lebih singkat. Perangkat lunak ini juga dapat diperbaiki dengan melakukan perbandingan metode ekstraksi *centerline* dengan menggunakan *principal curve analysis* dan *principal curve tracing* sehingga dapat diketahui metode yang memiliki hasil yang lebih maksimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis F.A.R mengucapkan puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dengan baik. Penulis juga menyampaikan ucapan terima kasih kepada Bapak Rully Soelaiman dan Bapak Ahmad Saikhu yang telah banyak membantu dan membimbing dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Sofka, "Retinal Vessel Centerline Extraction Using Multiscale Matched Filters, Confidence and Edge Measures," IEEE, pp. 1531-1546, 2006.

- [2] S. You, E. Bas and D. Erdogmus, "Principal Curve Based Retinal Vessel Segmentation Towards Diagnosis of Retinal Diseases," IEEE, 2011.
- [3] [Online]. Available: <http://www.isi.uu.nl/Research/Databases/DRIVE/>. [Accessed 11 6 2015]. B. Smith, "An approach to graphs of linear forms (Unpublished work style)," belum dipublikasikan.
- [4] HIPR2, "Image Processing Learning Resources," [Online]. Available: <http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/mean.htm>. [Accessed 13 11 2015].
- [5] D. Bradley and G. Roth, "Adaptive Thresholding Using the Integral Image," 2004.
- [6] F. R. P. S. W. A and W. E. "LoG," [Online]. Available: <http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/log.htm>. [Accessed 10 April 2016].